

KONINKRIJK DER



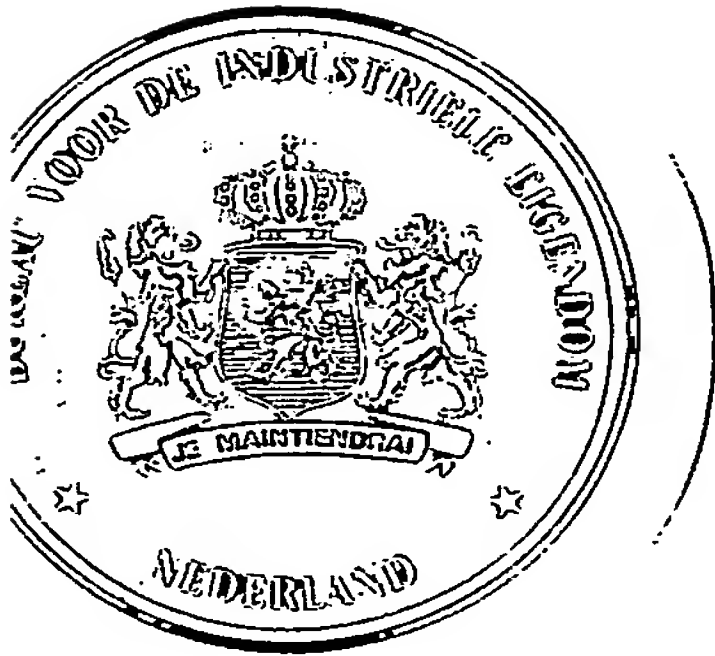
NEDERLANDEN

Bureau voor de Industriële Eigendom

REC'D 07 DEC 2004

WIPO

PCT



Hierbij wordt verklaard, dat in Nederland op 6 november 2003 onder nummer 1024726,  
ten name van:

**RÖNTGEN TECHNISCHE DIENST B.V.**

te Rotterdam

een aanvraag om octrooi werd ingediend voor:

"Werkwijze voor het controleren van een las tussen twee metalen pijpleidingen",

en dat de hieraan gehechte stukken overeenstemmen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

Rijswijk, 24 november 2004

De Directeur van het Bureau voor de Industriële Eigendom,  
voor deze,

  
Mw. D.L.M. Brouwer

0 24726

B. v.d. I.E.

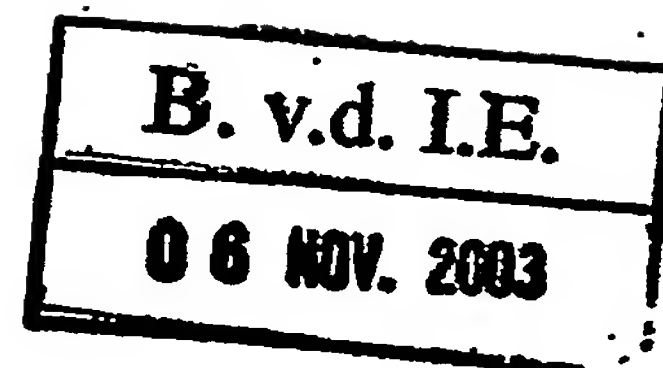
06 NOV. 2003

## UITTREKSEL

Werkwijze voor het controleren van een las tussen een eerste metalen pijpleiding en een tweede metalen pijpleiding, in het bijzonder een austenitische las waarbij de werkwijze tenminste de volgende werkwijzestappen omvat:

- a. een eerste ultrasone bundel wordt uitgezonden naar een aan een eerste zijde van de las gelegen interface tussen de las en de eerste pijpleiding;
- b. een reflectie van de eerste ultrasone bundel aan de aan de eerste zijde van de las gelegen interface wordt ontvangen en een hiermee corresponderend eerste ontvangsignaal wordt gegenereerd;
- c. een van de eerste ultrasone bundel verschillende tweede ultrasone bundel wordt uitgezonden naar de aan de eerste zijde van de las gelegen interface;
- d. een reflectie van de tweede ultrasone bundel aan de aan de eerste zijde van de las gelegen interface wordt ontvangen en een hiermee corresponderend tweede ontvangsignaal wordt gegenereerd;
- e. het eerste ontvangsignaal en het tweede ontvangsignaal worden in combinatie verwerkt voor het controleren van de las.

10 24726



CMJ/P66169NL00

**Titel:** Werkwijze voor het controleren van een las tussen twee metalen pijpleidingen.

De onderhavige uitvinding heeft betrekking op een werkwijze voor het controleren van een las tussen een eerste pijpleiding en een tweede metalen pijpleiding. Bij het Niet-Destructief Onderzoek (NDO) van rondlassen tijdens de bouw van pijpleidingen worden steeds hogere eisen gesteld aan de

5 betrouwbaarheid en de nauwkeurigheid van de gebruikte NDO-methode. Dit wordt vooral veroorzaakt door de wens om steeds kleinere defecten te kunnen vinden, met name in offshore-leidingen zoals risers, die de verbinding vormen tussen offshore-platforms of FPSO's (Floating Production, Storage and Offloading vessels) en installaties op de zeebodem.

10 Deze leidingen worden op vermoeiing belast, waardoor een kleine lasfout al een scheurinitiatie kan vormen die tot ernstige ongevallen (bijvoorbeeld het verlies van een platform en mensenlevens) en ecologische schade kan leiden. Mede daarom worden in de regelgeving de aanvaardbaarheidscriteria voor lasdefecten steeds meer gekoppeld aan breukmechanische berekeningen,

15 waardoor ook de eisen die aan de NDO-methode worden gesteld om de grootte van eenmaal gedetecteerde defecten te kunnen meten steeds zwaarder worden.

Teneinde de kwaliteit van de lassen te verbeteren worden twee metalen pijpleidingen in het bijzonder middels een austenitische las met

20 elkaar verbonden. Een nadeel van een dergelijke las is dat deze grofkorrelig en anisotroop is waardoor de las zich niet gemakkelijk leent voor ultrasoononderzoek.

De uitvinding stelt zich als doel een werkwijze te verschaffen waarbij het controleren van een las tussen twee metalen pijpleidingen, in

25 het bijzonder een austenitische las, kan worden verbeterd voor wat betreft betrouwbaarheid en waarbij bovendien de grootte van een gedetecteerd defect kan worden bepaald, zo men dit wil.

De werkwijze voor het controleren van een las wordt dienovereenkomstig gekenmerkt in dat de werkwijze tenminste de volgende werkwijzestappen omvat:

- a. een eerste ultrasone bundel wordt uitgezonden naar een aan een  
5 eerste zijde van de las gelegen interface tussen de las en de eerste  
pijpleiding;
- b. een reflectie van de eerste ultrasone bundel aan de aan de eerste  
zijde van de las gelegen interface wordt ontvangen en een hiermee  
corresponderend eerste ontvangsignaal wordt gegenereerd;
- 10 c. een van de eerste ultrasone bundel verschillende tweede ultrasone  
bundel wordt uitgezonden naar de aan de eerste zijde van de las gelegen  
interface;
- d. een reflectie van de tweede ultrasone bundel aan de aan de eerste  
zijde van de las gelegen interface wordt ontvangen en een hiermee  
15 corresponderend tweede ontvangsignaal wordt gegenereerd;
- e. het eerste ontvangsignaal en het tweede ontvangsignaal worden in  
combinatie verwerkt voor het controleren van de las.

Doordat gebruik wordt gemaakt van twee van elkaar verschillende  
ultrasone bundels wordt meer informatie verkregen over de te controleren  
20 las dan met één ultrasone bundel, waardoor de betrouwbaarheid van de  
controle van de las kan worden verbeterd.

In het bijzonder geldt dat de eerste en de tweede ultrasone bundel  
bij de interface tussen de las en de eerste pijpleiding een van elkaar  
verschillende hoek van inval hebben op de interface.

- 25 Meer in het bijzonder geldt dat in stap a. de eerste ultrasone  
bundel dusdanig wordt gericht dat de richting waarin de eerste ultrasone  
bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste pijpleiding afwijkt  
van de normaal van een vlak van de interface tussen de las en de eerste  
pijpleiding ter plaatse waar de eerste ultrasone bundel invalt op de  
30 interface. Hierbij geldt bij voorkeur dat in stap a. de eerste ultrasone bundel

via de eerste pijpleiding aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding wordt toegevoerd. Voorts geldt hierbij in het bijzonder dat in stap b. de reflectie van de eerste ultrasone bundel wordt gemeten die afkomstig is uit een richting die afwijkt van de richting waarin de eerste ultrasone bundel zou reflecteren aan de interface volgens de regel dat de hoek van inval gelijk is aan de hoek van reflectie zodat het eerste ultrasone ontvangsignaal een eventuele defractie van de eerste ultrasone bundel aan een fout in de las bij de interface tussen de las en de eerste pijpleiding representeert. Eén ander brengt met zich dat in stap b. het eerste ultrasone ontvangsignaal informatie omvat van een mogelijke fout aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding omdat met name de uiteinden van een eventuele fout defractie van de eerste ultrasonische bundel zal veroorzaken. Omdat de eerste bundel dusdanig wordt gericht dat de richting van de eerste bundel bij de interface tussen de las en de eerste pijpleiding afwijkt van de normaal van een vlak van de interface tussen de las en de eerste pijpleiding, zal in het eerste ontvangsignaal relatief weinig informatie aanwezig zijn (kleine amplitudes) van een reflectie van de eerste ultrasone bundel aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding ten gevolge van een overgang tussen het medium van de eerste pijpleiding en het medium van de las. Hierdoor kan de eventuele defractie ten gevolge van een fout relatief goed worden bepaald.

In het bijzonder geldt dat in stap a. de eerste ultrasone bundel via de eerste pijpleiding aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding wordt toegevoerd. Tevens geldt in het bijzonder dat in stap a. voor de eerste ultrasone bundel een longitudinale golf wordt gebruikt. Indien voor de eerste ultrasone bundel een longitudinale golf wordt gebruikt, heeft dit als voordeel dat defracties relatief goed kunnen worden gemeten. Indien een transversale golf zou worden gebruikt, dan worden enorme reflecties gemeten hetgeen het bepalen van de eventuele defracties ten gevolge van een fout bemoeilijkt.



Bij voorkeur geldt voorts dat in stap c. de tweede bundel dusdanig wordt gericht dat de richting waarin de tweede bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste pijpleiding, althans nagenoeg, niet afwijkt van de normaal van een vlak van de interface tussen de las en de eerste pijpleiding.

5 Hierbij geldt bij voorkeur voorts dat in stap d. een reflectie van de tweede ultrasone bundel wordt gemeten afkomstig uit een richting die, althans nagenoeg, samenvalt met de richting waarin de tweede ultrasone bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste pijpleiding. Het gevolg is dat het tweede ontvangsignaal relatief veel (grote amplitudes) informatie  
10 omvat over een eventuele fout van de las bij de interface tussen de las en de eerste pijpleiding. In het tweede ontvangsignaal zal dan juist informatie aanwezig zijn van reflecties van een eventuele fout van de las tussen de las en de eerste pijpleiding. Dergelijke reflecties zijn in het algemeen sterker dan reflecties ten gevolge van een overgang tussen het medium van de las  
15 en het medium van de eerste pijpleiding.

In het bijzonder geldt dat in stap c. de tweede ultrasone bundel, na te zijn uitgezonden, zich allereerst voortplant door de tweede pijpleiding naar een interface tussen de tweede pijpleiding en een tegenover de eerste zijde van de las gelegen tweede zijde van de las waarna de eerste ultrasone  
20 bundel zich vervolgens door de las voortplant naar de interface tussen de las en de eerste pijpleiding. Hierbij geldt voorts in het bijzonder dat in stap c. voor de tweede ultrasone bundel een longitudinale golf wordt gebruikt. Omdat de tweede ultrasone golf zich zoals hiervoor besproken in het bijzonder door de las zelf moet voortplanten, wordt bij voorkeur een  
25 longitudinale golf gebruikt omdat indien de las van austenitisch materiaal is, juist een longitudinale golf zich hier relatief goed door kan voortplanten. Een austenitische las heeft een korrelige structuur die een anisotroop materiaal vormt. Indien voor de tweede ultrasone bundel een transversale golf zou worden gebruikt, zouden er relatief veel reflecties zijn binnen het  
30 anisotrope materiaal waardoor de sterkte van het tweede ontvangsignaal

enorm zal afnemen en waardoor het heel moeilijk wordt nog informatie te vinden in het tweede ontvangsignaal over een eventuele fout in de las.

Blijkt nu dat zowel het eerste ontvangsignaal als het tweede ontvangsignaal aangeeft dat een fout aanwezig kan zijn, kan worden  
 5 geconcludeerd dat de las bij de betreffende interface inderdaad een defect omvat. Met andere woorden, er geldt dat in stap e. aan de hand van het eerste ontvangsignaal wordt bepaald of de las een defect kan omvatten en dat aan de hand van het tweede ontvangsignaal wordt bepaald of de las een defect kan omvatten waarbij wordt geconcludeerd dat de las daadwerkelijk  
 10 een defect omvat wanneer zowel op basis van het eerste ontvangsignaal als op basis van het tweede ontvangsignaal wordt geconcludeerd dat de las een defect kan omvatten.

Volgens een zeer geavanceerde uitvoeringsvorm van de werkwijze geldt dat de werkwijze voorts tenminste de volgende werkwijze stappen  
 15 omvat:

f. een derde ultrasone bundel wordt uitgezonden naar de aan de eerste zijde van de las gelegen interface tussen de las en de eerste pijpleiding;

g. een reflectie van de derde ultrasone bundel aan de aan de  
 20 eerste zijde van de las gelegen interface, volgens de hoek van inval is gelijk aan de hoek van reflectie aan het vlak van de interface tussen de las en de eerste pijpleiding, wordt ontvangen en een hiermee corresponderend derde ontvangsignaal wordt gegenereerd; en

h. het derde ontvangsignaal wordt geanalyseerd voor het  
 25 controleren van de las.

In het bijzonder geldt hierbij dat de derde bundel dusdanig wordt gericht dat de richting waarin de derde bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste pijpleiding in het algemeen afwijkt van de normaal van een vlak van de interface tussen de las en de eerste pijpleiding ter plaatse  
 30 waar de derde bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste

pijpleiding. Voorts geldt hierbij in het bijzonder dat in stap g. de reflectie  
 van de derde ultrasone bundel wordt gemeten die afkomstig is uit een  
 richting die, althans nagenoeg, samenvalt met de richting waarin de eerste  
 ultrasone bundel zou reflecteren aan de interface volgens de regel dat de  
 5 hoek van inval gelijk is aan de hoek van reflectie zodat het derde ultrasone  
 ontvangsignaal een eventuele reflectie van de eerste ultrasone bundel aan  
 een mogelijke fout bij de interface tussen de las en de eerste pijpleiding  
 representeert. Meer in het bijzonder geldt hierbij dat in stap g. op basis van  
 een amplitude van het derde ontvangsignaal de grootte van een eventueel  
 10 defect wordt bepaald.

Bij voorkeur geldt dat in stap f. de derde ultrasone bundel via de  
 eerste pijpleiding aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding  
 wordt toegevoerd. Voorts geldt bij voorkeur dat in stap f. voor de derde  
 ultrasone bundel een transversale golf wordt gebruikt. Dit brengt met zich  
 15 dat, juist omdat er een transversale golf wordt gebruikt, een eventuele fout  
 bij de interface tussen de las en de eerste pijpleiding goed meetbare  
 reflecties zal veroorzaken. De grootte van de reflectie kan dan  
 corresponderen met de grootte van de gemeten fout.

Volgens een zeer geavanceerde uitvoeringsvorm geldt dat op basis  
 20 van het derde ontvangsignaal de grootte van het defect wordt bepaald  
 indien op basis van het uitvoeren van de werkwijze stap e. blijkt dat de las  
 een defect omvat. Dit brengt in het bijzonder met zich dat wanneer aan de  
 hand van het eerste en tweede ontvangsignaal wordt geconcludeerd dat de  
 las een defect omvat, vervolgens aan de hand van het derde ontvangsignaal  
 25 de grootte van het defect wordt bepaald.

Volgens een zeer efficiënte uitvoeringsvorm van de werkwijze  
 volgens de uitvinding geldt dat een interface tussen de las en de tweede  
 pijpleiding wordt gecontroleerd zoals de interface tussen de eerste  
 pijpleiding en de las wordt gecontroleerd waarbij de eerste ultrasone bundel  
 30 tevens wordt gebruikt voor het controleren van de interface tussen de



tweede pijpleiding en de las op een zelfde wijze als dat de tweede ultrasone bundel wordt gebruikt voor het controleren van de las tussen de eerste pijpleiding en de tweede pijpleiding. Eén en ander brengt met zich dat de eerste ultrasone bundel zowel kan worden gebruikt voor het controleren van de interface van de las tussen de eerste pijpleiding en de las als de interface van de las tussen de tweede pijpleiding en de las. Eveneens geldt bij voorkeur dat een interface tussen de las en de tweede pijpleiding wordt gecontroleerd zoals de interface tussen de eerste pijpleiding en de las wordt gecontroleerd waarbij de tweede ultrasone bundel tevens wordt gebruikt voor het controleren van de interface tussen de tweede pijpleiding en de las op een zelfde wijze als dat de eerste ultrasone bundel wordt gebruikt voor het controleren van de las tussen de eerste pijpleiding en de tweede pijpleiding. In dat geval kan de tweede ultrasone bundel eveneens worden gebruikt voor het controleren van de interface van de las aan de zijde van de eerste pijpleiding als de interface van de las aan de zijde van de tweede pijpleiding.

Elke interface van de las kan volgens de methode zoals hiervoor omschreven met behulp van de eerste, tweede en derde bundel worden onderzocht. Hierbij wordt de interface opgedeeld in gebiedjes en wordt elk gebied aangestraald met de eerste en tweede ultrasone bundel. Indien er een fout blijkt te zijn kan dan tevens met behulp van de derde ultrasone bundel de grootte van de fout in een dergelijk gebiedje worden bepaald.

De uitvinding zal thans nader worden toegelicht aan de hand van de tekening. Hierin toont:

Fig. 1a een dwarsdoorsnede van een deel van twee pijpleidingen die middels een austenitische las met elkaar zijn verbonden alsmede een deel van een inrichting voor het uitvoeren van een werkwijze volgens de uitvinding;

Fig. 1b een dwarsdoorsnede van de volledige las en pijpleidingen van figuur 1a;

Fig. 1c een voorbeeld van een mogelijke fout tussen de las en de eerste pijpleiding;

Fig. 1d een voorbeeld van een eerste ontvangsignaal;

Fig. 1e een voorbeeld van een tweede ontvangsignaal;

5 Fig. 1f een voorbeeld van een derde ontvangsignaal;

Fig. 2 een dwarsdoorsnede van een deel van twee delen van pijpleidingen die middels een austenitische las met elkaar zijn verbonden en een deel van een inrichting voor het uitvoeren van een eerste alternatieve uitvoeringsvorm van een werkwijze volgens de uitvinding; en

10 Fig. 3 een dwarsdoorsnede van een deel van twee delen van pijpleidingen die middels een austenitische las met elkaar zijn verbonden en een deel van een inrichting voor het uitvoeren van een tweede alternatieve uitvoeringsvorm van een werkwijze volgens de uitvinding.

In Fig. 1a is met referentienummer 1 een las tussen een eerste 15 metalen pijpleiding 2 en een tweede metalen pijpleiding 4 aangeduid. Fig. 1 toont een doorsnede van een wand 6 van de pijpleidingen. Elke pijpleiding 2,4 is voorzien van een buitenwand 8 en een binnenwand 10 waarbij de binnenwand 10 in dit voorbeeld is voorzien van een bekledingslaag 12.

In dit voorbeeld heeft de wand van de eerste en de tweede 20 pijpleiding derhalve een dikte D zoals in figuur 1 is aangeduid. In figuur 1b is een dwarsdoorsnede van de las en pijpleidingen getoond.

De vorm van het eerste uiteinde 14 van de eerste pijpleiding 2 alsmede de vorm van het tweede uiteinde 16 van de tweede pijpleiding 4 ligt vast. Hiermee ligt tevens in hoofdzaak de vorm van de las 1 vast. In dit 25 voorbeeld zijn de pijpleidingen elk gemaakt van koolstofstaal. De las 1 is een austenitische las.

Voor het uitvoeren van de werkwijze volgens de uitvinding wordt gebruik gemaakt van een veelvoud van op zich bekende ultrasone tasters 18.i die tegen de buitenwand 8 van de eerste pijpleiding 2 aanliggen. Voorts 30 wordt gebruik gemaakt van een veelvoud van ultrasoon tasters 20.j die

tegen de buitenzijde 8 van de tweede pijpleiding 4 aanliggen. In gebruik, zullen de tasters in een tangentiële richting 22 (zie figuur 1b) rond de pijpleidingen 2 en 4 worden bewogen teneinde de gehele rondlopende las 1 te kunnen onderzoeken. In dit voorbeeld wordt aangegeven hoe een segment 23 van een interface 26 tussen de las 1 en de eerste pijpleiding 2 aan een eerste zijde 28 van de las kan worden onderzocht voor het controleren van de las 1. Voor het controleren van andere segmenten 23' worden de tasters in de tangentiële richting 22 verplaatst. Meer in het bijzonder wordt allereerst besproken hoe een gebiedje 24 dat zich op een bepaalde plaats van de interface tussen de eerste pijpleiding 2 en de las 1 bevindt in het segment 23 kan worden onderzocht. Andere gebieden 24' bevinden zich in radiale richting 25 ten opzichte van het gebied 24.

Voor het controleren van het segment 24 wordt in dit voorbeeld met behulp van de taster 18.2 een eerste ultrasone bundel 30 uitgezonden naar het segment 24. Deze werkwijzestap wordt hierna aangeduid als werkwijzestap a. Vervolgens wordt in een werkwijzestap b. een reflectie van de eerste ultrasone bundel aan de eerste zijde 28 van de las gelegen interface ontvangen en een hiermee corresponderend eerste ontvangsignaal wordt gegenereerd. In dit voorbeeld geldt dat in stap a. de eerste bundel 30 dusdanig wordt gericht dat de richting waarin de eerste bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste pijpleiding afwijkt van de normaal 32 van een vlak van de interface tussen de las en de eerste pijpleiding ter plaatse waar de eerste bundel invalt op de interface. In dit voorbeeld betreft het de normaal 32 van het vlak van het gebied 24 van de interface 26. Deze sluit een hoek  $\phi_1$  in met de invallende eerste bundel 30. Voorts geldt zoals blijkt uit de tekening dat in dit voorbeeld de eerste ultrasone bundel via de eerste pijpleiding 2 aan de interface 26 wordt toegevoerd. Tevens geldt dat de eerste ultrasone bundel vanaf een buitenzijde van de eerste pijpleiding aan de eerste pijpleiding wordt toegevoerd. Voor de eerste ultrasone bundel wordt een longitudinale golf gebruikt. Voorts geldt dat de eerste ultrasone

bundel een gepulste golf is. Er geldt in dit voorbeeld voorts dat in stap b. de reflectie van de eerste ultrasone bundel wordt gemeten die afkomstig is uit een richting die afwijkt van de richting waarin de eerste ultrasone bundel zou reflecteren aan de interface volgens de regel dat de hoek van inval gelijk is aan de hoek van reflectie zodat het eerste ultrasone ontvangsignaal een eventuele defractie van de eerste ultrasone bundel aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding representeert. Meer bij voorkeur geldt dat in stap b. de reflectie van de eerste ultrasone bundel wordt gemeten die afkomstig is uit een richting die, althans nagenoeg, samenvalt met de richting waarin de eerste ultrasone bundel invalt op de interface tussen de eerste pijpleiding en de las.

In dit voorbeeld geldt voorts dat de reflectie die van de eerste ultrasone bundel 30 wordt gemeten met dezelfde ultrasone taster wordt ontvangen als waarmee de eerste ultrasone bundel is uitgezonden.

Indien in het segment 24 een fout aanwezig is, bijvoorbeeld doordat in het segment 24 de las 1 niet is verbonden met het eerste uiteinde 14 van de eerste pijpleiding of doordat ter plaatse kleine luchtbelletjes zijn ingesloten, zal dit tot gevolg hebben dat defractie van de eerste ultrasone bundel aan de fout optreedt. Deze defractie treedt met name op aan een uiteinde van een fout 36, in dit voorbeeld een ontbrekende verbinding tussen de las 1 en de pijpleiding 2 zoals getoond in figuur 1c. Defractie brengt met zich dat de eerste ultrasone bundel in meer dan één richting wordt gereflecteerd. Behalve defractie zal de eerste bundel eveneens voor een deel worden gereflecteerd aan de fout. Bovendien zal een gedeelte van de eerste bundel worden gereflecteerd ten gevolge van de overgang tussen het medium van de eerste pijpleiding (koolstofstaal) en de las (austenitisch materiaal).

Doordat in dit voorbeeld in stap b. de reflectie van de eerste ultrasone bundel wordt gemeten die afkomstig is uit een richting die afwijkt van de richting waarin de eerste ultrasone bundel zou reflecteren aan de



interface volgens de regel dat de hoek van inval gelijk is aan de hoek van reflectie zodat het eerste ultrasone ontvangsignaal een eventuele defractie van de eerste ultrasone bundel aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding representeert, zal met behulp van de ultrasone taster 18.2

- 5 relatief weinig reflecties van de eerste bundel aan de fout en/of de interface zelf worden gemeten en zal met name een eventuele defractie aan de fout worden gemeten. Een dergelijke defractie kenmerkt zich in een piek 38 in de amplitude A van het eerste ontvangsignaal zoals getoond in figuur 1d. Een dergelijke piek 38 is een goede indicatie dat er een fout aan de interface 26
- 10 van de las aanwezig is in het gebied 24. Voor het uitzenden van de eerste ultrasone bundel wordt bij voorkeur een longitudinale golf gebruikt omdat een transversale golf ongewenste reflecties zal genereren die het meten van de defracties moeilijk maken.

- De werkwijze volgens de uitvinding omvat voorts nog de volgende
- 15 werkwijzestappen:
- in een werkwijzestap c. wordt een van de eerste ultrasone bundel 30 verschillende tweede ultrasone bundel 40 uitgezonden naar de aan de eerste zijde van de las gelegen interface. In dit voorbeeld geldt dat de eerste en de tweede ultrasone bundel bij de interface tussen de las en de eerste
  - 20 pijpleiding een van elkaar verschillende hoek van inval hebben op de interface. Meer in het bijzonder geldt dat in stap c. de bundel 40 dusdanig wordt gericht dat de richting waarin de tweede bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste pijpleiding althans nagenoeg niet afwijkt van de normaal 32, ter plaatse waar de tweede bundel 40 invalt op de interface.
  - 25 Hiertoe wordt in dit voorbeeld de tweede ultrasone bundel via de tweede pijpleiding en de las aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding toegevoerd met behulp van de ultrasone taster 20.j. De tweede ultrasone bundel zal na te zijn uitgezonden door de ultrasone taster 20.j zich allereerst voortplanten door de tweede pijpleiding 4 naar de interface 16
  - 30 tussen de tweede pijpleiding 4 en de las 1 waarna de ultrasone bundel zich

vervolgens door de las voortplant naar de interface 14 tussen de las en de eerste pijpleiding. In dit voorbeeld is de tweede ultrasone bundel wederom een gepulste golf. Voorts is de tweede ultrasone bundel een longitudinale golf die bovendien gefocusseerd is. Doordat een longitudinale golf wordt  
 5 gebruikt, kan deze zich relatief goed voortplanten door het austenitische materiaal. Zou een transversale golf worden gebruikt dan zou deze golf door de korrelstructuur van het austenitische materiaal welke structuur anisotroop is, in vele richtingen worden verspreid.

In stap d. wordt een reflectie van de tweede ultrasone bundel  
 10 gemeten afkomstig uit een richting die althans nagenoeg samenvalt met de richting waarin de tweede ultrasone bundel zou reflecteren aan een vlak van de interface ter plaatse waar de tweede bundel invalt op de interface.

In dit voorbeeld geldt bovendien dat in stap d. een reflectie van de tweede ultrasone bundel wordt gemeten afkomstig uit een richting die,  
 15 althans nagenoeg, samenvalt met de richting waarin de tweede ultrasone bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste pijpleiding. Eén en ander brengt met zich dat in dit voorbeeld de tweede ultrasone bundel met één en dezelfde taster wordt uitgezonden en ontvangen.

Doordat de tweede ultrasone bundel althans nagenoeg loodrecht op  
 20 de interface, in dit voorbeeld het segment 24, daarvan is gericht zal de eventuele fout 36 de tweede ultrasone bundel goed reflecteren. Doordat bovendien een reflectie wordt gemeten in een richting die overeenkomt met de verwachte richting van de gereflecteerde tweede bundel, wordt deze eventuele reflectie goed gemeten. Eén en ander is getoond in figuur 1e. Het  
 25 tweede ontvangsignaal zoals getoond in figuur 1e toont allereerst een piek 44 die wordt veroorzaakt door een reflectie van de tweede ultrasone bundel 40 aan de tweede interface 27 tussen de las 1 en de tweede pijpleiding 4. Doordat ten gevolge van de vorm van de las de richting van de invallende tweede ultrasone bundel afwijkt van de normaal 46 van de interface 27 ter  
 30 plaatse waar de tweede bundel invalt op de tweede interface 27 (zie hoek  $\alpha$ ),

zal de aldus ontvangen reflectie aan de tweede interface relatief klein zijn. Een eventuele fout 36 in het gebied 24 van de interface 26 zal doordat de tweede ultrasone bundel althans nagenoeg loodrecht op de interface ter plaatse van het gebied 24 invalt terwijl een reflectie van de tweede bundel wordt gemeten in een richting die overeenstemt met de verwachte reflectierichting van de tweede bundel een relatief grote reflectie genereren. Deze reflectie resulteert in een goed meetbare piek 46 in het ontvangsignaal. Zowel voor figuur 1d als voor figuur 1e geldt dat het tijdstip waarop een piek 38,46 wordt ontvangen een maat is voor een positie in het materiaal waar de defractie (figuur 1d) c.q. de reflectie (figuur 1e) heeft plaatsgevonden. Indien nu zowel aan de hand van het eerste ontvangsignaal als aan de hand van het tweede ontvangsignaal wordt bepaald dat er een fout aanwezig kan zijn in het gebied 24, wordt besloten dat er daadwerkelijk een fout aanwezig is. Meer in het bijzonder kan dit als volgt worden uitgevoerd. De amplitude van het eerste ontvangsignaal kan worden vergeleken met een eerste referentie om te bepalen of de las ter plaatse van het gebied 24 een fout kan omvatten. Voorts kan de amplitude van het tweede ontvangsignaal worden vergeleken met een tweede referentie om te bepalen of de las ter plaatse van het gebied 24 een defect kan omvatten. De eerste en de tweede referentie kunnen bijvoorbeeld vooraf zijn bepaald aan de hand van een las die bij het gebied 24 daadwerkelijk een fout omvat dan wel aan de hand van reflecties en meetvoorwerpen die een dergelijke fout kunnen simuleren. Er wordt geconcludeerd dat de las daadwerkelijk een fout omvat wanneer zowel op basis van het eerste ontvangsignaal als op basis van het tweede ontvangsignaal wordt geconcludeerd dat de las een defect kan omvatten.

Is eenmaal bepaald of de las ter plaatse van het gebied 24 een fout omvat, kan eventueel met behulp van een derde ultrasone bundel 50 worden onderzocht wat de grootte van de fout is. Hiertoe wordt in een werkwijzestap f. de derde ultrasone bundel 50 uitgezonden naar de eerste

zijde van de las tussen de las en de eerste pijpleiding, en wel naar het gebied 24. De gedachte is dat de grootte van de reflectie aan een fout in de las een maat is voor de grootte van de fout. Zoals getoond in figuur 1a zal de derde ultrasone bundel 50 die wordt uitgezonden met behulp van de taster 5 18.1 door de fout 36 in de las reflecteren in de richting van de binnenzijde 10 van de pijpleiding. Vervolgens zal de derde ultrasone bundel reflecteren volgens de hoek van inval is de hoek van reflectie, aan de binnenwand 52 van de pijpleiding waarna de gereflecteerde bundel door de taster 18.1 kan worden ontvangen. Hierbij wordt er wel van uitgegaan dat de binnenzijde 10 van de pijpleiding dusdanig is dat deze de derde ultrasone bundel goed kan reflecteren. Bij voorkeur geldt dat de derde ultrasone bundel een transversale golf is omdat juist transversale golven goed kunnen reflecteren volgens de wet de hoek van inval is de hoek van terugkaatsing bij gladde oppervlakken. Het defect 36 zal zich in het algemeen in de richting van de 15 interface 26 uitstrekken waardoor een reflectie van de derde ultrasone bundel 30 zal plaatsvinden in een richting die voldoet aan de hoek van inval is de hoek van reflectie ten opzichte van de richting van het vlak van de interface ter plaatse van het segment 24. Zou het defect 36 niet aanwezig zijn dan resulteert slechts een reflectie in deze richting ten gevolge van de 20 overgang van het medium van de eerste pijpleiding en de las. Deze reflectie is echter veel kleiner dan een reflectie van een eventuele fout in de las zodat in dit laatste geval de grootte van de reflectie, althans in hoofdzaak, wordt bepaald door de grootte van de fout in de las. Juist omdat transversale golven worden gebruikt, is dit defect goed meetbaar omdat transversale 25 golven goed kunnen reflecteren volgens de hoek van inval is de hoek van reflectie bij een aanwezige fout in de las. Bij voorkeur geldt dan ook dat in stap g. de reflectie van de derde ultrasone bundel wordt gemeten die afkomstig is uit een richting die, althans nagenoeg, samenvalt met de richting waarin de eerste ultrasone bundel zou reflecteren aan de interface 30 volgens de regel dat de hoek van inval gelijk is aan de hoek van reflectie



zodat het derde ultrasone ontvangsignaal een eventuele reflectie van de eerste ultrasone bundel aan mogelijke fout bij de interface tussen de las en de eerste pijpleiding representeert.

Met behulp van de ultrasone taster 18.i wordt vervolgens een derde  
 5 ontvangsignaal gegenereerd. Ook hier geldt dat de derde ultrasone golf een gepulste golf is. Indien de uitgezonden puls wordt ontvangen en een piek 52 veroorzaakt in het derde ontvangsignaal kan aan de hand van de grootte van de piek 52 de grootte van de fout worden geschat. De reflectie aan de interface ten gevolge van de overgang van het medium van de eerste  
 10 pijpleiding en het medium van de las is in het algemeen veel minder sterk dan de reflectie ten gevolge van een fout (lucht tussen las en eerste pijpleiding) bij de interface. Dat de piek 52 inderdaad een gevolg is van de reflectie aan het gebied 24 kan worden gecontroleerd aan de hand van het moment waarop de piek 52 wordt ontvangen. Immers, indien het tijdstip  
 15 bekend is waarop de puls door de taster 18.2 wordt uitgezonden en indien de positie van de tasters 18.2 en de tasters 18.i ten opzichte van het segment 24 bekend is waarbij bovendien de dikte D van de eerste pijpleiding bekend is, kan worden berekend hoeveel tijd de uitgezonden puls nodig heeft om via reflectie aan het segment 24 en reflectie aan de binnenzijde 10 van de eerste  
 20 pijpleiding de taster 18.i te bereiken. De grootte van het eventuele defect kan worden bepaald door de amplitude te vergelijken met een referentie één en ander geheel analoog zoals hiervoor besproken. De referentie kan weer zijn bepaald aan de hand van de amplitude die is gemeten bij een referentievoorwerp. Het bepalen van de grootte van het defect van een las  
 25 kan in het bijzonder worden uitgevoerd wanneer in werkwijzestap e. blijkt dat de las een defect omvat. Blijkt dit inderdaad het geval te zijn dan kan vervolgens de grootte van het defect worden bepaald.

De uitvinding is geenszins beperkt tot de hiervoor geschetste uitvoeringsvormen. Zoals gezegd, geldt in stap b. dat de reflectie van de  
 30 eerste ultrasone bundel wordt gemeten die afkomstig is uit een richting die

afwijkt van de richting waarin de ultrasone bundel zou reflecteren aan de interface volgens de regel dat de hoek van inval gelijk is aan de hoek van reflectie. Dit bewerkstelligt dat juist wel eventuele defracties van de eerste ultrasone bundel ten gevolge van fouten bij de interface tussen de las en de eerste pijpleiding worden gemeten. Eventuele reflecties ten gevolge van een dergelijke fout en/of reflecties ten gevolge van de mediumovergang van de pijpleiding naar de las, zullen juist in andere richtingen worden gemeten. Indien het de voorkeur heeft dat de ultrasone tasters zich aan de buitenzijde van de pijpleiding bevinden zal het vergroten van de hoek  $\phi_1$  in figuur 1a met zich brengen dat het discriminerende vermogen tussen het meten van defracties enerzijds en reflecties anderzijds toeneemt. Indien juist geen reflecties moeten worden gemeten verdient het bovendien de voorkeur om dezelfde taster te gebruiken voor het ontvangen van de eerste ultrasone bundel als waarmee deze wordt uitgezonden. Immers, ook dan wordt juist wel een eventuele defractie en juist geen reflectie gemeten. Het is echter eveneens mogelijk dat een defractie van de eerste ultrasone bundel met bijvoorbeeld een andere taster zoals taster 18.3 wordt ontvangen. Ook is het mogelijk dat een eventuele defractie met behulp van een taster 60 wordt ontvangen die zich aan een binnenzijde van de pijpleiding bevindt. De eerste ultrasone bundel (zie figuur 2) kan dan bijvoorbeeld worden uitgezonden met behulp van de taster 18.i en worden ontvangen na reflectie door de taster 60. Omdat de hoek  $\phi_1$  afwijkt van de hoek  $\phi_2$  zullen met name wederom eventuele defracties aan fouten worden gemeten en geen reflecties. Het is hierbij uiteraard mogelijk dat de eerste ultrasone bundel met behulp van de taster 60 wordt uitgezonden om vervolgens met behulp van de taster 18.i te worden ontvangen.

In dit voorbeeld geldt dat het in stap c. voor de tweede bundel nu juist wel de bedoeling is om reflecties ten gevolge van een eventuele fout te meten. Deze reflecties blijken juist maximaal te zijn wanneer de tweede bundel althans nagenoeg loodrecht invalt op de interface. Praktisch kunnen

de tasters 20 het meest gemakkelijk aan een buitenzijde van de pijpleiding worden aangebracht. Omdat de dikte van de las toeneemt in een richting van de binnenzijde 10 van de wand 6 naar de buitenzijde 8 van de wand heeft het in dit voorbeeld de voorkeur de tweede ultrasone bundel aan de

5 tweede pijpleiding toe te voeren waarna deze zich via de tweede pijpleiding door de las voortplant naar de eerste interface 26. Theoretisch is het echter mogelijk om een tweede ultrasone bundel 40' met behulp van een taster 62 uit te zenden die zich aan een binnenzijde van de pijpleiding bevindt. Ook op deze wijze kan de interface 26, althans nagenoeg, loodrecht worden

10 aangestraald. Nadeel is echter dat de afstand tussen de taster 62 en de interface 26 relatief groot is en dat de taster 62 zich aan een binnenzijde van de eerste pijpleiding moet bevinden (zie ook figuur 2). Omdat de tweede ultrasone bundel 40' zich niet door het austenitische lasmateriaal behoeft voort te planten kan, in plaats van een longitudinale golf, eveneens een

15 transversale golf worden gebruikt voor de tweede bundel 40'. Het gebruik van transversale golven heeft dan juist als voordeel dat sterke reflecties worden verkregen. De tweede ultrasone bundel zou, zoals getoond in figuur 3, in plaats van met de taster 20.j ook met taster 20.1 kunnen worden uitgezonden. Deze tweede ultrasone bundel is met referentienummer 40"

20 aangeduid. Een reflectie volgens de hoek van inval is de hoek van reflectie aan de eventuele fout van de las bij het gebied 24 kan met behulp van een taster (in figuur 3 niet getoond) die zich aan de binnenzijde van de tweede pijpleiding bevindt worden gemeten. Ook hier heeft dit als nadeel dat tenminste één taster aan de binnenzijde van de tweede pijpleiding moet

25 worden geplaatst en dat bovendien, zoals duidelijk blijkt uit figuur 3, gezien de vorm van de las de weglengte die de tweede ultrasone bundel 40" na reflectie moet afleggen relatief groot wordt waardoor een eventuele fout minder nauwkeurig kan worden gedetecteerd. Voorts zij opgemerkt dat de richting van de tweede ultrasone bundel 40" in figuur 3 eveneens kan

30 worden omgekeerd. In dat geval wordt de tweede ultrasone bundel aan een

binnenzijde van de tweede pijpleiding toegevoerd en wordt deze vervolgens met behulp van de ultrasone taster 20.1 ontvangen.

Ook is het mogelijk, zoals blijkt uit figuur 3, dat de derde ultrasone bundel 50 na reflectie aan de interface met behulp van een taster 70 die zich  
 5 aan de binnenzijde van de eerste pijpleiding bevindt, wordt ontvangen. Dit heeft met name voordeel wanneer de bekleding 12 een zogenaamde welded cladding is die de derde ultrasone bundel niet goed reflecteert in de richting van de taster 18.i. Wil men toch de taster 18.i gebruiken, kan worden  
 10 overwogen om voor de eerste bundel een longitudinale golf te gebruiken zodat na de slechte reflectie aan de cladding 12 toch nog een redelijk signaal wordt gemeten door de taster 18.i.

Ook voor het uitzenden van de eerste ultrasone golf kunnen tasters worden gebruikt die aan een binnenzijde van de eerste of tweede pijpleiding liggen. In dit voorbeeld wordt een taster 64 gebruikt die zich aan een  
 15 binnenzijde van de tweede pijpleiding bevindt voor het uitzenden en ontvangen van de eerste ultrasone golf 30. Omdat in dit voorbeeld de eerste ultrasone golf een longitudinale golf is kan deze zich ook goed voortplanten door de austenitische las 1. De eventuele defracties van de eerste ultrasone golf 30 zouden ook kunnen worden gemeten met behulp van bijvoorbeeld de  
 20 taster 66 die zich eveneens aan een binnenzijde van de tweede pijpleiding bevindt. Ook is het denkbaar dat genoemde defracties met behulp van de taster 18.3 worden gemeten die zich aan een buitenzijde van de eerste pijpleiding bevindt. Het meten van defracties door de met behulp van de taster 18.3 heeft als voordeel dat de defracties zich niet door het  
 25 austenitische materiaal van de las terug behoeven voort te planten naar de tweede pijpleiding 4. In plaats hiervan is slechts voortplanting van de defracties nodig door de eerste pijpleiding 1 die in dit voorbeeld is gefabriceerd van koolstofstaal hetgeen een goede voortplanting van de geluidsgolven mogelijk maakt. In beide gevallen geldt dat de tasters 64, 66  
 30 en 18.3 voor ontvangst van defracties van de eerste ultrasone golf dusdanig



zijn opgesteld dat juist geen reflecties van de ultrasone golf aan de interface 26 worden gemeten.

5 Zoals getoond in figuur 4 zal de eerste ultrasone bundel 30 die in figuur 1 met behulp van de taster 18.2 wordt uitgezonden zich eveneens voortplanten naar een gebied 24" van de interface 27 tussen de las 1 en de tweede pijpleiding 4. Een reflectie van de eerste ultrasone bundel 30 aan de interface 27 kan eveneens met behulp van de taster 18.2 worden gemeten. Hierbij geldt dan dat voor het onderzoeken van het gebied 24" van de interface 27 de eerste ultrasone bundel 30 op een zelfde wijze kan worden  
10 gebruikt zoals de tweede ultrasone bundel 40 is gebruikt bij figuur 1. De eerste ultrasone bundel 30 fungeert derhalve in figuur 4 als tweede ultrasone bundel 40' voor het onderzoeken van de interface 27. In figuur 4 wordt bovendien met behulp van de taster 20.2 een vierde ultrasone bundel 30' uitgezonden naar het gebied 24". De reflectie van de bundel 30' aan het gebied 24" van de interface 27 wordt met behulp van de ultrasone taster  
15 20.2 ontvangen voor het genereren van een vierde ontvangsignaal. De vierde bundel heeft bij het gebied 24" een zelfde functie als de eerste bundel bij het gebied 24. Dit vierde ontvangsignaal kan wederom een piek omvatten ten gevolge van defractie van de vierde ultrasone bundel 30' aan een fout in het gebied 24". Geheel analoog zoals hiervoor besproken, kan het  
20 eerste foutsignaal worden gecombineerd met het vierde ontvangsignaal. Indien zowel het eerste ontvangsignaal als het vierde ontvangsignaal aangeven dat er een fout aanwezig kan zijn, wordt geconcludeerd dat er daadwerkelijk een fout aanwezig is. Vervolgens kan, met behulp van de  
25 taster 20.1 een transversale golf worden uitgezonden die na reflectie aan de interface en de binnenzijde 10 van de tweede pijpleiding 4 met behulp van de taster 20.3 wordt ontvangen. De grootte van het aldus verkregen ontvangsignaal wordt in dit voorbeeld gebruikt voor het bepalen van de grootte van de fout indien aan de hand van het eerste en tweede  
30 ontvangsignaal is vastgesteld dat er daadwerkelijk een fout aanwezig is.

Er geldt dus dat een interface tussen de las en de tweede pijpleiding wordt gecontroleerd zoals de interface tussen de eerste pijpleiding en de las wordt gecontroleerd waarbij de eerste ultrasone bundel 30, 40' tevens wordt gebruikt voor het controleren van de interface tussen de tweede pijpleiding en de las op een zelfde wijze als dat de tweede ultrasone bundel wordt gebruikt voor het controleren van de las tussen de eerste pijpleiding en de tweede pijpleiding. Tevens geldt dat in stap b. tevens de reflectie van de eerste ultrasone bundel aan een interface van de las tussen de las en de tweede pijpleiding wordt gemeten ter verkrijging van het eerste ontvangsignaal en dat een vierde ultrasone bundel 30' naar de interface van de las tussen de las en de tweede pijpleiding wordt toegevoerd ter verkrijging van een vierde ontvangsignaal waarbij de eerste en de vierde ultrasone bundel bij de interface tussen de las en de tweede pijpleiding een van elkaar verschillende hoek van inval hebben op de interface tussen de las en de tweede pijpleiding en waarbij het eerste ontvangsignaal en het vierde ontvangsignaal in combinatie worden verwerkt voor het controleren van de interface tussen de las en de tweede pijpleiding, in het bijzonder om te bepalen of de interface tussen de las en de tweede pijpleiding een defect omvat. Hierbij correspondeert de vierde ultrasone bundel en het vierde ontvangsignaal met de ultrasone bundel die uitgezonden en ontvangen wordt met behulp van de taster 20.2

Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat de eerste ultrasone bundel 30' weer kan fungeren als een tweede ultrasone bundel 40" (zie figuur 4) voor het onderzoeken van een gebied 24" van de eerste interface 26. Bovendien geldt dat een interface tussen de las en de tweede pijpleiding kan worden gecontroleerd zoals de interface tussen de eerste pijpleiding en de las wordt gecontroleerd waarbij de tweede ultrasone bundel 40 tevens wordt gebruikt voor het controleren van een gebied 24" van de interface tussen de tweede pijpleiding en de las op een zelfde wijze als dat de eerste

ultrasone bundel wordt gebruikt voor het controleren van de las tussen de eerste pijpleiding en de tweede pijpleiding (zie figuur 1).

In het voorbeeld van figuur 1a is het gebied 24 onderzocht. Geheel analoog kunnen andere gebieden van de interface 26 worden onderzocht  
 5 waarbij de eerste, tweede en derde bundel op analoge wijze invallen op het gebied 24'. Eveneens geldt geheel analoog dat gebieden van de interface 27 kunnen worden onderzocht. Eén en ander wordt dan gespiegeld in het vlak 80 (zie figuur 1a) uitgevoerd.

De uitvinding is geenszins beperkt tot de hiervoor geschetste  
 10 uitvoeringsvormen. Meer in het algemeen kan extra informatie over een fout worden gevonden wanneer de eerste en de tweede ultrasone bundel van elkaar verschillend zijn. Bij voorkeur geldt hier dat de eerste en de tweede ultrasone bundel tussen de las en de eerste pijpleiding een van elkaar verschillende hoek van inval hebben nog meer bij voorkeur worden hoeken  
 15 van inval toegepast zoals hiervoor besproken.

Voorts kan nu met behulp van de tweede ultrasone golf reflecties worden gemeten, alhoewel dit niet de voorkeur heeft, aan de hand van de grootte van de met behulp van de tweede ultrasone golf verkregen reflectie aan de interface ook de grootte van de fout worden bepaald. Wederom geldt  
 20 dat de grootte van de reflectie een maat is voor de grootte van de eventuele fout van de las bij de interface 26. Zo zou dan allereerst aan de hand van het eerste ontvangsignaal en het tweede ontvangsignaal kunnen worden bepaald of er daadwerkelijk een fout is waarna vervolgens aan de hand van de grootte van de genoemde piek in het tweede ontvangsignaal een  
 25 schatting van de grootte van de fout kan worden gemaakt. De frequentie van de ultrasone bundels kan bijvoorbeeld liggen in het gebied van x-y kHz. Ook kunnen tasters worden gebruikt die hetzij kunnen zenden hetzij kunnen ontvangen. Ten behoeve van de eerste en tweede bundel zullen dan een zendende en ontvangende taster bij voorkeur naast elkaar liggen.

Dergelijke varianten worden geacht binnen het kader van de uitvinding te vallen.



## CONCLUSIES

1.       Werkwijze voor het controleren van een las tussen een eerste metalen pijpleiding en een tweede metalen pijpleiding, in het bijzonder een austenitische las, met het kenmerk, dat de werkwijze tenminste de volgende werkwijzestappen omvat:
  - a.       een eerste ultrasone bundel wordt uitgezonden naar een aan een eerste zijde van de las gelegen interface tussen de las en de eerste pijpleiding;
  - b.       een reflectie van de eerste ultrasone bundel aan de aan de eerste zijde van de las gelegen interface wordt ontvangen en een hiermee corresponderend eerste ontvangsignaal wordt gegenereerd;
  - c.       een van de eerste ultrasone bundel verschillende tweede ultrasone bundel wordt uitgezonden naar de aan de eerste zijde van de las gelegen interface;
  - d.       een reflectie van de tweede ultrasone bundel aan de aan de eerste zijde van de las gelegen interface wordt ontvangen en een hiermee corresponderend tweede ontvangsignaal wordt gegenereerd;
  - e.       het eerste ontvangsignaal en het tweede ontvangsignaal worden in combinatie verwerkt voor het controleren van de las.
2.       Werkwijze volgens conclusie 1, met het kenmerk, dat de eerste en de tweede ultrasone bundel bij de interface tussen de las en de eerste pijpleiding een van elkaar verschillende hoek van inval hebben op de interface.
3.       Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap a. de eerste ultrasone bundel dusdanig wordt gericht dat de richting waarin de eerste ultrasone bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste pijpleiding afwijkt van de normaal van een vlak van de interface tussen de las en de eerste pijpleiding ter plaatse waar de eerste ultrasone bundel invalt op de interface.

4.        Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap a. de eerste ultrasone bundel via de eerste pijpleiding aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding wordt toegevoerd.
5.        Werkwijze volgens conclusie 4, met het kenmerk, dat in stap a. de eerste ultrasone bundel aan de eerste pijpleiding wordt toegevoerd en zich via de eerste pijpleiding naar de las voortplant.
6.        Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap a. de eerste ultrasone bundel vanaf een buitenzijde van de eerste pijpleiding aan de eerste pijpleiding wordt toegevoerd.
7.        Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies 1-5, met het kenmerk, dat in stap a. de eerste ultrasone bundel vanaf een binnenzijde van de eerste of tweede pijpleiding wordt toegevoerd.
8.        Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap a. voor de eerste ultrasone bundel een longitudinale golf wordt gebruikt.
9.        Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap a. de eerste ultrasone bundel gefocusseerd is.
10.       Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap a. de uitgezonden eerste ultrasone bundel een gepulste golf is.
11.       Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap b. de reflectie van de eerste ultrasone bundel wordt gemeten die afkomstig is uit een richting die afwijkt van de richting waarin de eerste ultrasone bundel zou reflecteren aan de interface volgens de regel dat de hoek van inval gelijk is aan de hoek van reflectie zodat het eerste ultrasone ontvangsignaal een eventuele defractie van de eerste ultrasone bundel aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding representeert.
12.       Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap b. de reflectie van de eerste ultrasone bundel wordt gemeten die afkomstig is uit een richting die, althans nagenoeg, samenvalt

met de richting waarin de eerste ultrasone bundel invalt op de interface tussen de eerste pijpleiding en de las.

13. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de reflectie van de eerste ultrasone bundel aan een buitenzijde van de eerste pijpleiding wordt ontvangen.

14. Werkwijze volgens conclusie 12 of 13, met het kenmerk, dat de eerste ultrasone bundel met één en dezelfde taster wordt uitgezonden en ontvangen.

15. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap c. de tweede ultrasone bundel dusdanig wordt gericht dat de richting waarin de tweede ultrasone bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste pijpleiding, althans nagenoeg, niet afwijkt van de normaal van een vlak van de interface tussen de las en de eerste pijpleiding ter plaatse waar de tweede ultrasone bundel invalt op de interface.

16. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap c. de tweede ultrasone bundel via de tweede pijpleiding en de las aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding wordt toegevoerd.

17. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap c. de tweede ultrasone bundel, na te zijn uitgezonden, zich allereerst voortplant door de tweede pijpleiding naar een interface tussen de tweede pijpleiding en een tegenover de eerste zijde van de las gelegen tweede zijde van de las waarna de eerste ultrasone bundel zich vervolgens door de las voortplant naar de interface tussen de las en de eerste pijpleiding.

18. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap c. de tweede ultrasone bundel vanaf een buitenzijde van de tweede pijpleiding aan de tweede pijpleiding wordt toegevoerd.

19. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies 1-17 met het kenmerk, dat in stap c. de tweede ultrasone bundel vanaf een binnenzijde van de eerste of tweede pijpleiding aan de las wordt toegevoerd.
20. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap c. voor de tweede ultrasone bundel een longitudinale golf wordt gebruikt.
21. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap c. de tweede ultrasone bundel gefocusseerd is.
22. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de tweede ultrasone bundel een gepulste golf is.
23. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap d. een reflectie van de tweede ultrasone bundel wordt gemeten afkomstig uit een richting die, althans nagenoeg, samenvalt met de richting waarin de tweede ultrasone bundel zou reflecteren aan een vlak van de interface ter plaatse waar de tweede bundel invalt op de interface.
24. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de reflectie van de tweede ultrasone bundel aan een buitenzijde van de tweede pijpleiding wordt ontvangen.
25. Werkwijze volgens conclusie 23 of 24, met het kenmerk, dat de tweede ultrasone bundel met één en dezelfde taster wordt uitgezonden en ontvangen.
26. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap e. aan de hand van het eerste en tweede ontvangsignaal wordt bepaald of de las een defect omvat.
27. Werkwijze volgens conclusie 26, met het kenmerk, dat in stap e. aan de hand van het eerste ontvangsignaal wordt bepaald of de las een defect kan omvatten en aan de hand van het tweede ontvangsignaal wordt bepaald of de las een defect kan omvatten waarbij wordt geconcludeerd dat de las daadwerkelijk een defect omvat wanneer zowel op basis van het



eerste ontvangsignaal als op basis van het tweede ontvangsignaal wordt geconcludeerd dat de las een defect kan omvatten.

28. Werkwijze volgens conclusie 27, met het kenmerk, dat in stap e. de amplitude van het eerste ontvangsignaal wordt vergeleken met een eerste referentie om te bepalen of de las een defect kan omvatten en de amplitude van het tweede ontvangsignaal wordt vergeleken met een tweede referentie om te bepalen of de las een defect kan omvatten.

29. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de werkwijze voorts tenminste de volgende werkwijze stappen omvat:

f. een derde ultrasone bundel wordt uitgezonden naar de aan de eerste zijde van de las gelegen interface tussen de las en de eerste pijpleiding;

g. een reflectie van de derde ultrasone bundel aan de aan de eerste zijde van de las gelegen interface, volgens de hoek van inval is gelijk aan de hoek van reflectie aan het vlak van de interface tussen de las en de eerste pijpleiding, wordt ontvangen en een hiermee corresponderend derde ontvangsignaal wordt gegenereerd; en

h. het derde ontvangsignaal wordt geanalyseerd voor het controleren van de las.

30. Werkwijze volgens conclusie 29, met het kenmerk, dat de derde bundel dusdanig wordt gericht dat de richting waarin de derde bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste pijpleiding in het algemeen afwijkt van de normaal van een vlak van de interface tussen de las en de eerste pijpleiding ter plaatse waar de derde bundel invalt op de interface tussen de las en de eerste pijpleiding.

31. Werkwijze volgens conclusie 29 of 30, met het kenmerk, dat in stap f. de derde ultrasone bundel via de eerste pijpleiding aan de interface tussen de las en de eerste pijpleiding wordt toegevoerd.

32.      Werkwijze volgens conclusie 29, 30 of 31, met het kenmerk, dat in stap f. de derde ultrasone bundel aan de eerste pijpleiding wordt toegevoerd en zich via de eerste pijpleiding naar de las voortplant.
33.      Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies 29-32, met het kenmerk, dat in stap f. de derde ultrasone bundel vanaf een buitenzijde van de eerste pijpleiding aan de eerste pijpleiding wordt toegevoerd.
34.      Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies 29-33, met het kenmerk, dat in stap f. de derde ultrasone bundel vanaf een binnenzijde van de eerste of tweede pijpleiding wordt toegevoerd.
35.      Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies 29-34, met het kenmerk, dat in stap f. voor de derde ultrasone bundel een transversale golf wordt gebruikt.
36.      Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies 29-35, met het kenmerk, dat in stap f. de derde ultrasone bundel gefocusseerd is.
37.      Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies 29-36, met het kenmerk, dat in stap f. de uitgezonden derde ultrasone bundel een gepulste golf is.
38.      Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies 29-37, met het kenmerk, dat in stap g. de reflectie van de derde ultrasone bundel wordt gemeten die afkomstig is uit een richting die, althans nagenoeg, samenvalt met de richting waarin de eerste ultrasone bundel zou reflecteren aan de interface volgens de regel dat de hoek van inval gelijk is aan de hoek van reflectie zodat het derde ultrasone ontvangsignaal een eventuele reflectie van de eerste ultrasone bundel aan mogelijke fout bij de interface tussen de las en de eerste pijpleiding representeert.
39.      Werkwijze volgens conclusie 38, met het kenmerk, dat de derde ultrasone bundel, na te zijn gereflecteerd aan de interface tussen las en de eerste pijpleiding, zich voortplant naar een binnenwand van de eerste pijpleiding en reflecteert aan de binnenwand van de eerste pijpleiding om vervolgens te worden ontvangen.

40. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies 29-39, met het kenmerk, dat de derde ultrasone bundel in het algemeen met een andere taster wordt ontvangen dan verzonden.
41. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies 29-40, met het kenmerk, dat in stap g. op basis van een amplitude van het derde ontvangsignaal de grootte van een eventueel defect wordt bepaald.
42. Werkwijze volgens conclusie 41, met het kenmerk, dat de grootte van het eventuele defect wordt bepaald door de amplitude te vergelijken met een referentie.
43. Werkwijze volgens één der conclusies 29-42, met het kenmerk, dat op basis van het derde ontvangsignaal de grootte van het defect wordt bepaald indien op basis van het uitvoeren van de werkwijze stap e. blijkt dat de las een defect omvat
44. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in een stap h. een reflectie van de tweede ultrasone bundel aan de aan de eerste zijde van de las gelegen interface volgens de hoek van inval is gelijk aan de hoek van reflectie aan het vlak van de interface tussen de las en de eerste pijpleiding wordt ontvangen en een hiermee corresponderend vierde ontvangsignaal wordt gegenereerd.
45. Werkwijze volgens conclusie 44, met het kenmerk, dat in een stap i. op basis van een amplitude van het in stap h. verkregen vierde ontvangsignaal, de grootte van een eventueel defect wordt bepaald.
46. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat in stap b. tevens een reflectie van de eerste ultrasone bundel aan een interface van de las tussen de las en de tweede pijpleiding wordt gemeten ter verkrijging van het eerste ontvangsignaal en dat een vierde ultrasone bundel naar de interface van de las tussen de las en de tweede pijpleiding wordt toegevoerd ter verkrijging van een vierde ontvangsignaal waarbij de eerste en de vierde ultrasone bundel bij de interface tussen de las en de tweede pijpleiding een van elkaar verschillende hoek van inval

hebben op de interface tussen de las en de tweede pijpleiding en waarbij het eerste ontvangsignaal en het vijfde ontvangsignaal in combinatie worden verwerkt voor het controleren van de interface tussen de las en de tweede pijpleiding, in het bijzonder om te bepalen of de interface tussen de las en de tweede pijpleiding een defect omvat.

47. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat een interface tussen de las en de tweede pijpleiding wordt gecontroleerd zoals de interface tussen de eerste pijpleiding en de las wordt gecontroleerd waarbij de eerste ultrasone bundel tevens wordt gebruikt voor het controleren van de interface tussen de tweede pijpleiding en de las op een zelfde wijze als dat de tweede ultrasone bundel wordt gebruikt voor het controleren van de las tussen de eerste pijpleiding en de tweede pijpleiding.

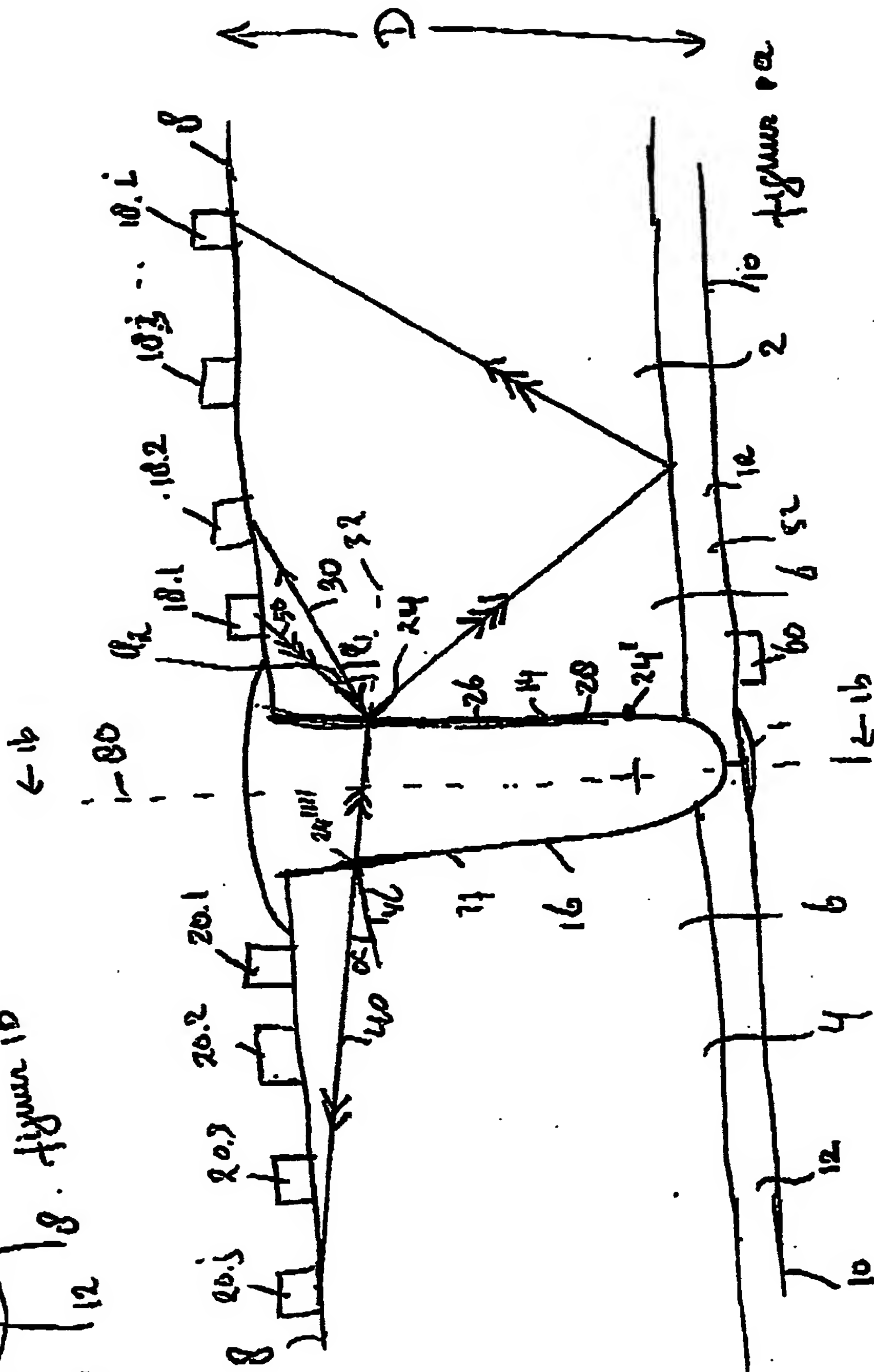
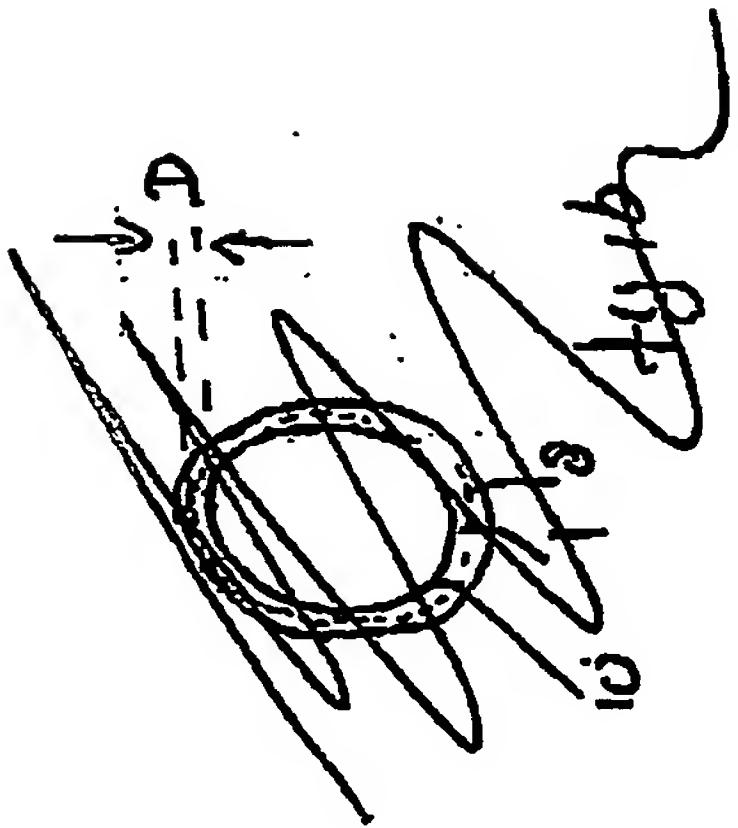
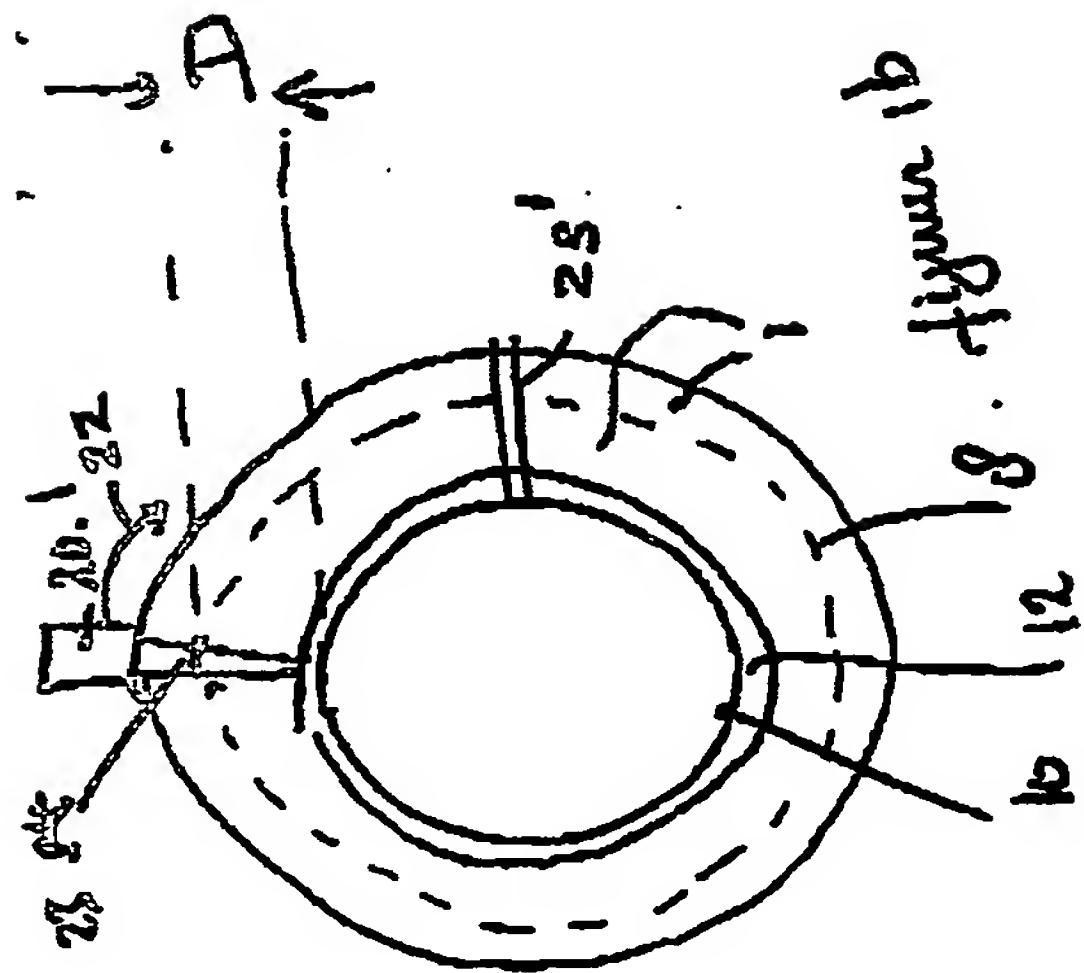
48. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat een interface tussen de las en de tweede pijpleiding wordt gecontroleerd zoals de interface tussen de eerste pijpleiding en de las wordt gecontroleerd waarbij de tweede ultrasone bundel tevens wordt gebruikt voor het controleren van de interface tussen de tweede pijpleiding en de las op een zelfde wijze als dat de eerste ultrasone bundel wordt gebruikt voor het controleren van de las tussen de eerste pijpleiding en de tweede pijpleiding.

49. Werkwijze volgens één der voorgaande conclusies, met het kenmerk, dat de eerste ultrasone bundel en de tweede ultrasone bundel althans nagenoeg op een zelfde plaats van de interface tussen de eerste pijpleiding en de las invallen om deze plaats van de interface te controleren.

50. Werkwijze volgens één der conclusies 29-37 en volgens conclusie 49, met het kenmerk, dat de derde ultrasone bundel althans nagenoeg op de genoemde plaats invalt.



10 24726



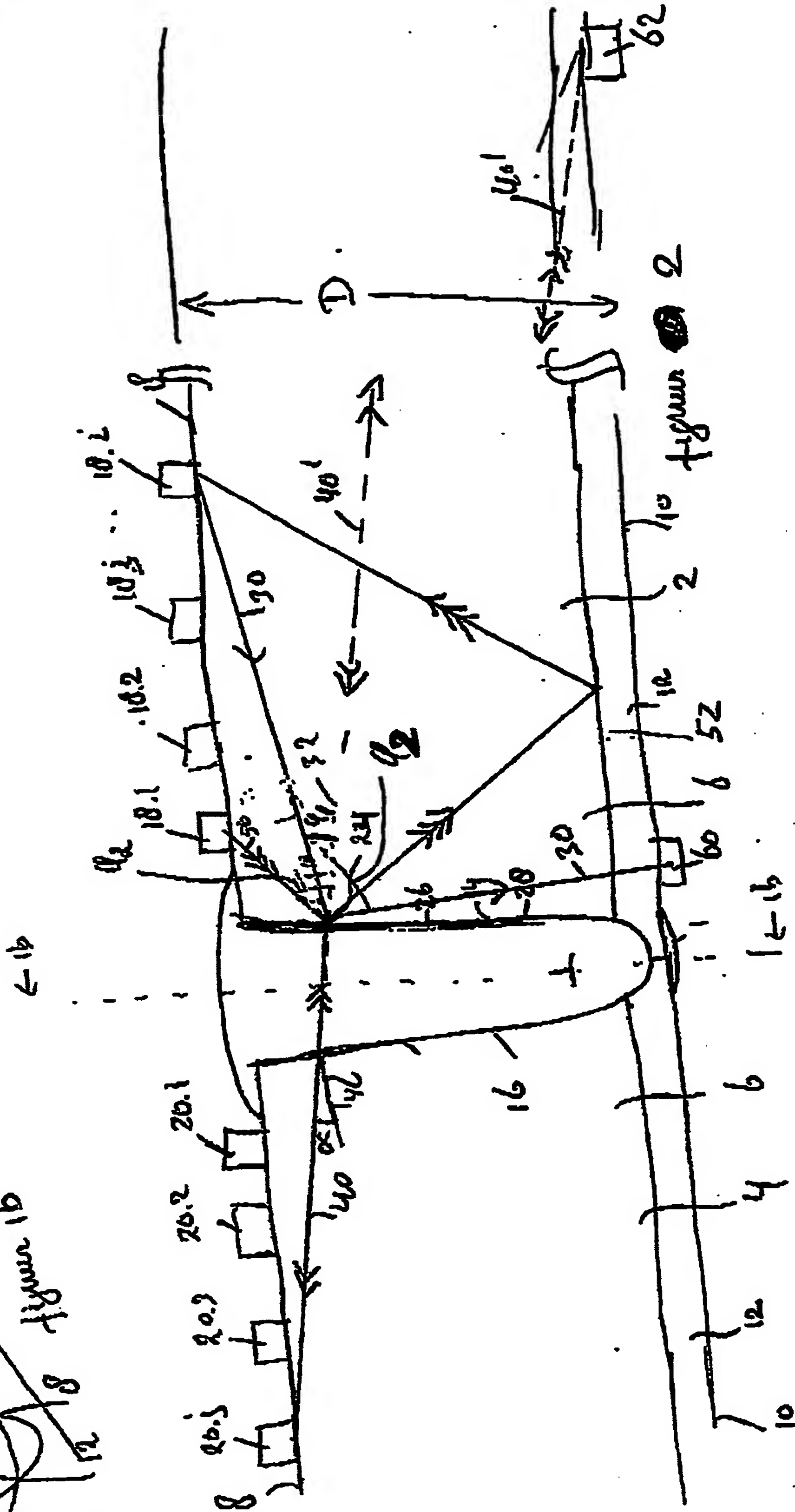
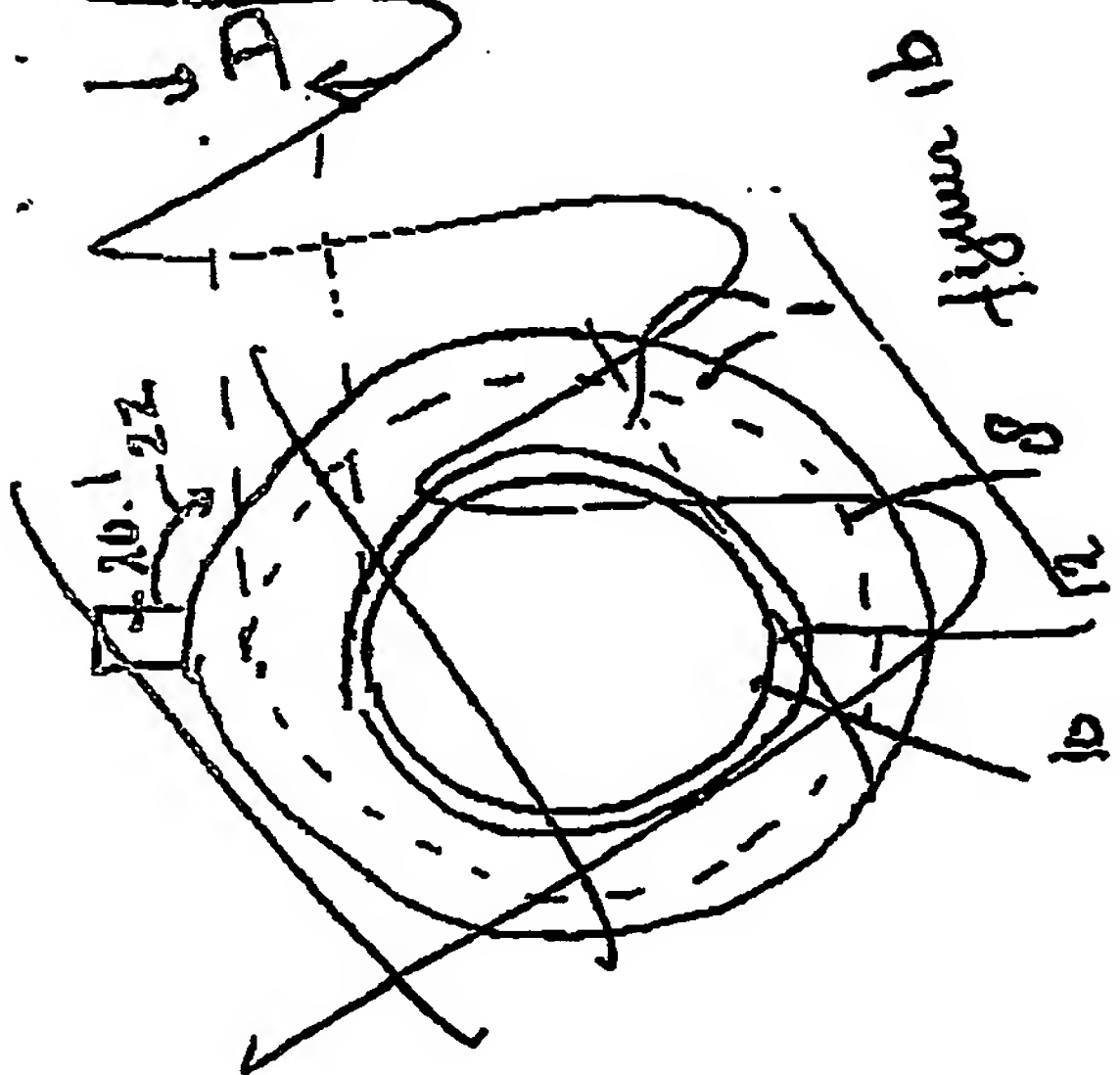
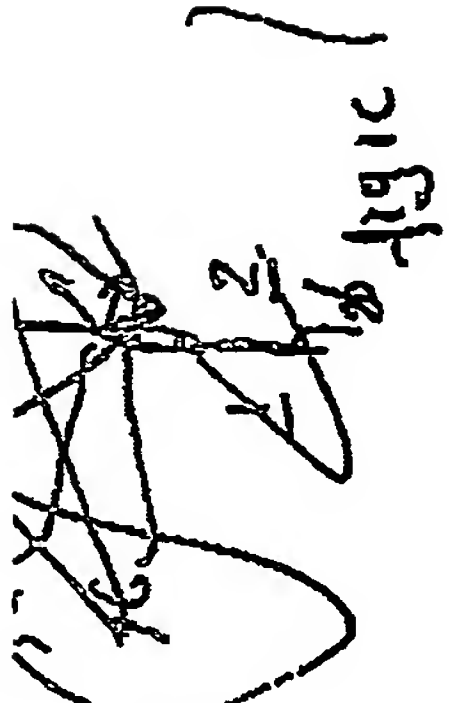
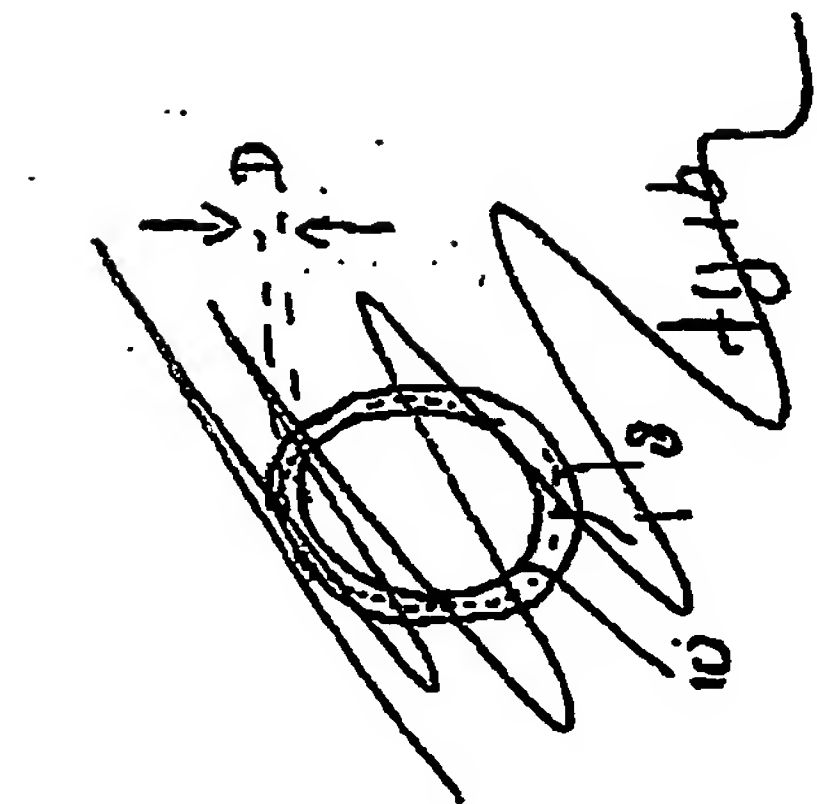
BEST AVAILABLE COPY

11(5)

fig. 1

**BEST AVAILABLE COPY**

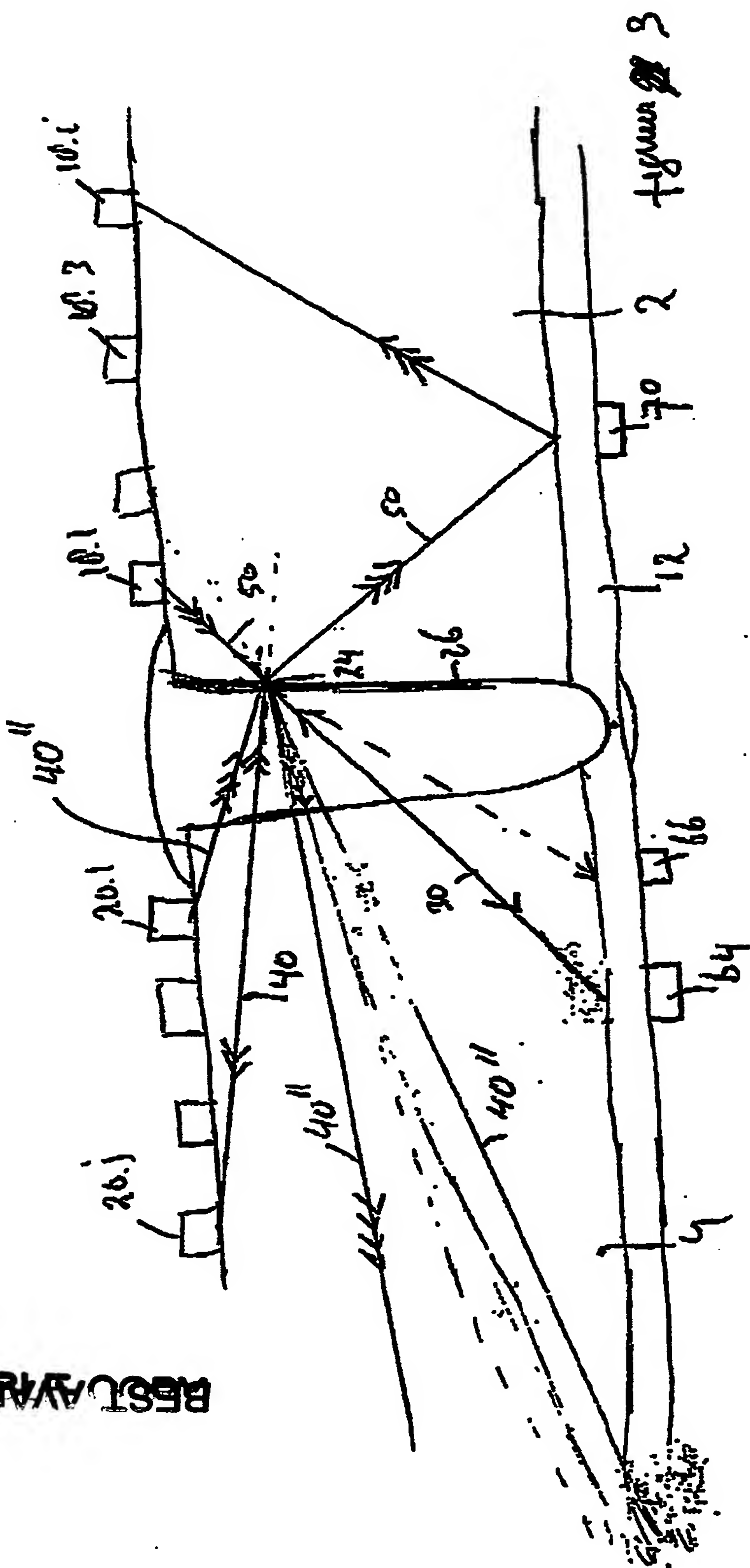
1024726



BEST AVAILABLE COPY

10 24726

**BEST AVAILABLE COPY**



**BEST AVAILABLE COPY**



